

Problema de Corte de Estoques com Modos Alternativos de Manufatura

Felipe Kesrouani Lemos¹

FEB/UNESP - Bauru

Adriana Cristina Cherri²

FC/UNESP - Bauru

Silvio Alexandre Araújo³

IBILCE/UNESP - São José do Rio Preto

Em determinados contextos de sistemas de produção, mais de um conjunto de recursos podem ser escolhidos para executar uma mesma tarefa [5, 7]. Isso é particularmente comum na área de projetos, mas também pode ocorrer em sistemas fabris, seja pela possibilidade de múltiplas combinações de classes de máquinas estarem disponíveis para executar uma certa ordem de produção [6]; ou ainda pela possibilidade de múltiplas combinações de matérias-primas, como é o caso da fabricação de postes de concreto armado, que é motivação para este trabalho.

O problema de múltiplos modos de manufatura é considerado interessante tanto para pesquisadores quanto para profissionais da área [8], havendo aplicações nas áreas de programação de processadores de computadores [2, 4], serviços de saúde, manutenção, limpeza e auditorias de qualidade [1], além de atribuição de força de trabalho [3].

Este trabalho aborda este problema integrado a um processo de corte, tendo como motivação uma fábrica de postes de concreto armado do tipo “duplo-T” no interior do estado de São Paulo. Os produtos desta indústria são fabricados através do recobrimento com concreto de uma armadura de aço, dimensionada para suportar uma determinada carga especificada em projetos elétricos. O dimensionamento da armadura longitudinal é feito através de cálculo estrutural, sendo possível fabricá-la com diversas combinações de tamanhos e espessuras de barras de aço.

Dada a existência de diversas espessuras de barras de aço disponíveis e a possibilidade de combinação de mais de uma espessura em um mesmo produto, há múltiplos modos alternativos de se fabricar cada produto final. Ao analisar um produto isoladamente, trata-se de uma decisão de fácil solução, considerando que os custos das diferentes matérias-primas estão disponíveis. Entretanto, como tais segmentos são obtidos do corte de barras de aço, pode existir uma combinação de modos de fabricação que otimize o uso global de matéria-prima, ainda que utilize um modo de fabricação que não é o mais vantajoso quando observado apenas seu custo unitário de matéria-prima. Isto significa que, dado um *mix* de produção a ser fabricado, podem existir combinações que minimizam o desperdício de matéria-prima global, ainda que não escolha a alternativa mais econômica para um dado produto. Portanto, há potencial de ganho global na integração entre o problema de corte de estoque com o problema de manufatura com modos alternativos.

¹felipeklemos@gmail.com

²adriana@fc.unesp.br

³saraujo@ibilce.unesp.br

Foi proposta uma formulação matemática através de programação linear inteira, para minimizar o custo total de um conjunto de produtos finais a serem atendidos. Para isso, é decidido a quantidade de unidades manufaturadas de acordo com cada configuração possível e a quantidade de padrões de corte de cada tipo de objeto para atender à demanda correspondente. Como método de solução, propõe-se uma geração de colunas que acrescenta padrões interessantes para as diferentes matérias-primas disponíveis.

Os resultados foram gerados em três contextos. Inicialmente, um exemplo ilustrativo mostra o valor da integração em relação a uma abordagem não-conjunta (decisão dos modos sem levar em conta a otimização do corte). Posteriormente, um exemplo real apresentou uma economia de 8,1% em relação à abordagem empírica da empresa. E, por fim, instâncias aleatórias foram geradas para explorar a influência dos parâmetros na dificuldade do problema. Neste último conjunto de testes, 405 instâncias foram geradas, com um *gap* médio de 5,1% em 33,9 segundos de tempo de PCU.

Referências

- [1] T. F. Abdelmaguid, M. A. Shalaby e M. A. Awwad. A tabu search approach for proportionate multiprocessor open shop scheduling, *Computational Optimization and Applications*, 58: 187-203, 2014.
- [2] L. Bianco, J. Blazewicz, P. Dell’Olmo e M. Drozdowski. Preemptive multiprocessor task scheduling with release times and time windows, *Annals of Operations Research*, 70: 43-55, 1997.
- [3] F. D. Chou. Particle swarm optimization with cocktail decoding method for hybrid flow shop scheduling problems with multiprocessor tasks, *International Journal of Production Economics*, 141: 137-145, 2013.
- [4] F. D. Chou. Scheduling multiprocessor tasks: an overview, *European Journal of Operational Research*, 94: 215-230, 1996.
- [5] T. S. Kyriakidis, G. M. Kopanos e M. C. Georgiadis. MILP formulations for single-and multi-mode resource-constrained project scheduling problems, *Computers chemical engineering*, 36: 369-385, 2012.
- [6] A. Rüse, C. Mannino e L. Lamorgese. Recursive logic-based benders decomposition for multi-mode outpatient scheduling, *European Journal of Operational Research*, 255: 719-728, 2016.
- [7] J. Weglarz, J. Jozefowska, M. Mika, G. Waligora. Project scheduling with finite or infinite number of activity processing modes – a survey, *European Journal of Operational Research*, 208: 177-205, 2011.
- [8] Z. Zhang e J. Xu. Bi-level multiple mode resource-constrained project scheduling problems under hybrid uncertainty, *Journal of Industrial and Management Optimization*, 12: 565-593, 2016.